

Применение данных спутника Himawari для мониторинга вулканов Камчатки

О.А. Гирина¹, Л.С. Крамарева², Е.А. Лупян³, Д.В. Мельников¹, А.Г. Маневич¹,
А.А. Сорокин⁴, И.А. Уваров³, А.В. Кашницкий³, М.А. Бурцев³, В.В. Марченков³, А.А. Бриль³,
А.А. Мазуров³, И.М. Романова¹, С.И. Мальковский⁴

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 683006, Петропавловск-Камчатский
e-mail: girina@kscnet.ru*

² *Дальневосточный центр НИЦ «Планета», 680673, Хабаровск*

³ *Институт космических исследований РАН, 117997, Москва*

⁴ *Вычислительный центр ДВО РАН, 680000, Хабаровск*

Действующие вулканы Камчатки — одни из самых активных в мире. Ежегодно здесь происходят извержения 3–7 вулканов, во время которых эксплозии поднимают пепел до 10–15 км над уровнем моря и пепловые облака распространяются на тысячи километров от вулканов. Активная вулканическая деятельность может стать причиной пеплопадов в городах и поселках, уничтожения лесов и коммуникаций. Пепловые облака и шлейфы представляют серьезную опасность для полетов современной реактивной авиации. Для снижения вулканоопасности для авиаперевозок и населения с 1993 г. Камчатская группа реагирования на вулканические извержения (KVERT) выполняет ежедневный мониторинг вулканов. С 2014 г. спутниковый мониторинг вулканов проводится учеными KVERT с помощью информационной системы VolSatView, в которую с 2016 г. начали поступать данные с геостационарного спутника Himawari-8. В системе созданы специальные инструменты, позволяющие работать с оперативно поступающими данными и анализировать ряды долговременных наблюдений. Применение данных Himawari-8, а также инструментов, реализованных в VolSatView для работы с ними, позволяет: значительно повысить оперативность обнаружения эксплозивных событий, происходящих в регионе; определять начало эруптивных событий с точностью до 10 и менее минут; отслеживать и прогнозировать все изменения динамики активности вулканов, в том числе близкое начало сильных эксплозивных событий. Статья посвящена описанию особенностей технологии интеграции данных Himawari-8 в VolSatView и основным возможностям работы с ними, реализованным в настоящее время в системе.

Ключевые слова: вулкан, извержение, Камчатка, мониторинг, Himawari, VolSatView

*Одобрена к печати: 13.12.2017
DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-7-65-76*

Введение

Действующие вулканы Камчатки — одни из самых активных в мире. Ежегодно здесь происходят извержения 3–7 вулканов, во время которых эксплозии поднимают пепел до 10–15 км над уровнем моря (н.у.м.) и пепловые облака распространяются на тысячи километров от вулканов. Активная вулканическая деятельность может стать причиной пеплопадов в городах и поселках; уничтожения лесов и коммуникаций при стремительном движении лавовых, пирокластических и грязевых потоков, сметающих все на своем пути. Пепловые облака и шлейфы представляют серьезную опасность для полетов современной реактивной авиации (Gordeev, Girina, 2014; Neal et al., 2009). Для снижения вулканоопасности для авиаперевозок и населения с 1993 г. Камчатская группа реагирования на вулканические извержения (KVERT — Kamchatkan Volcanic Eruption Response Team, <http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/>) выполняет ежедневный мониторинг вулканов (Gordeev, Girina, 2014).

В 2011 г. совместными усилиями специалистов Института вулканологии и сейсмологии (ИВиС) ДВО РАН, Института космических исследований (ИКИ) РАН, Вычислительного

центра (ВЦ) ДВО РАН и Дальневосточного центра (ДЦ) «НИЦ «Планета» была создана информационная система (ИС) «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил» (VolSatView, <http://volcanoes.smislab.ru>) (Ефремов и др., 2012; Лупян и др., 2014, 2015а; Прошин и др., 2016; Толпин и др., 2011; Gordeev et al., 2016). В настоящее время VolSatView является одним из базовых инструментов, который ученые KVERT используют в ежедневной работе.

Оперативный спутниковый мониторинг вулканов Камчатки включает в себя:

- обнаружение пепловых облаков и шлейфов, определение их параметров (высота, протяженность от вулкана и азимут распространения, площадь);
- детектирование термальных аномалий в районах вулканов, определение их параметров (размер, температура аномалии и фона);
- выпуск оперативных сообщений Volcano Observatory Notice for Aviation (VONA) об обнаружении пепловых облаков или шлейфов в районах вулканов и о прогнозах развития эксплозивных извержений, опасных для авиоперевозок и населения;
- размещение данных спутникового мониторинга в базе данных KVERT «Активность вулканов Камчатки и Северных Курил»; публикация VONA в ИС KVERT (<http://www.kscnet.ru/ivs/kvert/van/>) и в ИС «Вулканы Курило-Камчатской островной дуги» (VOKKIA) Геопортала ИВиС ДВО РАН (<http://geoportal.kscnet.ru/volcanoes/van/>) (Романова, Гирина, 2017; Романова и др., 2012; Gordeev, Girina, 2014; Gordeev et al., 2016).

Основой для мониторинга вулканической активности в ИС VolSatView является спутниковая информация, оперативно поступающая от различных метеорологических спутниковых систем, таких как NOAA (прибор AVHRR), Terra и Aqua (MODIS), Suomi NPP (National Polar-orbiting Partnership) (VIIRS — Visible Infrared Imaging Radiometer Suite), Метеор-М (МСУ-МР), из Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2015б) и со станций приема ДЦ «НИЦ «Планета» (Лупян и др., 2014) и ИВиС ДВО РАН (Gordeev et al., 2016).

В 2016 г. специалистами ИКИ РАН, ВЦ ДВО РАН и ДЦ «НИЦ «Планета» была создана система, обеспечивающая оперативную интеграцию в VolSatView данных с японского геостационарного спутника нового поколения Himawari-8 (Bessho et al., 2016), позволяющих проводить наблюдения за территорией Камчатки и Курил каждые 10 минут. Пример таких данных, полученных в VolSatView со спутника Himawari-8 во время извержений вулканов Северной группы Камчатки 14–18 июня 2017 г. (Гирина и др., 2017а), показан на *рис. 1*. Возможности применения данных этого спутника для оперативного анализа динамики извержений и распространения пепловых облаков и шлейфов ярко проявляются на анимационной картине, созданной на основе этих данных за период с 14 по 18 июня 2017 г. (<http://kamchatka.volcanoes.smislab.ru/animation/sample.gif>) (Гирина и др., 2017а).

Настоящая работа посвящена описанию особенностей технологии интеграции данных Himawari-8 в VolSatView и основных возможностей, реализованных в системе для проведения анализа таких данных.

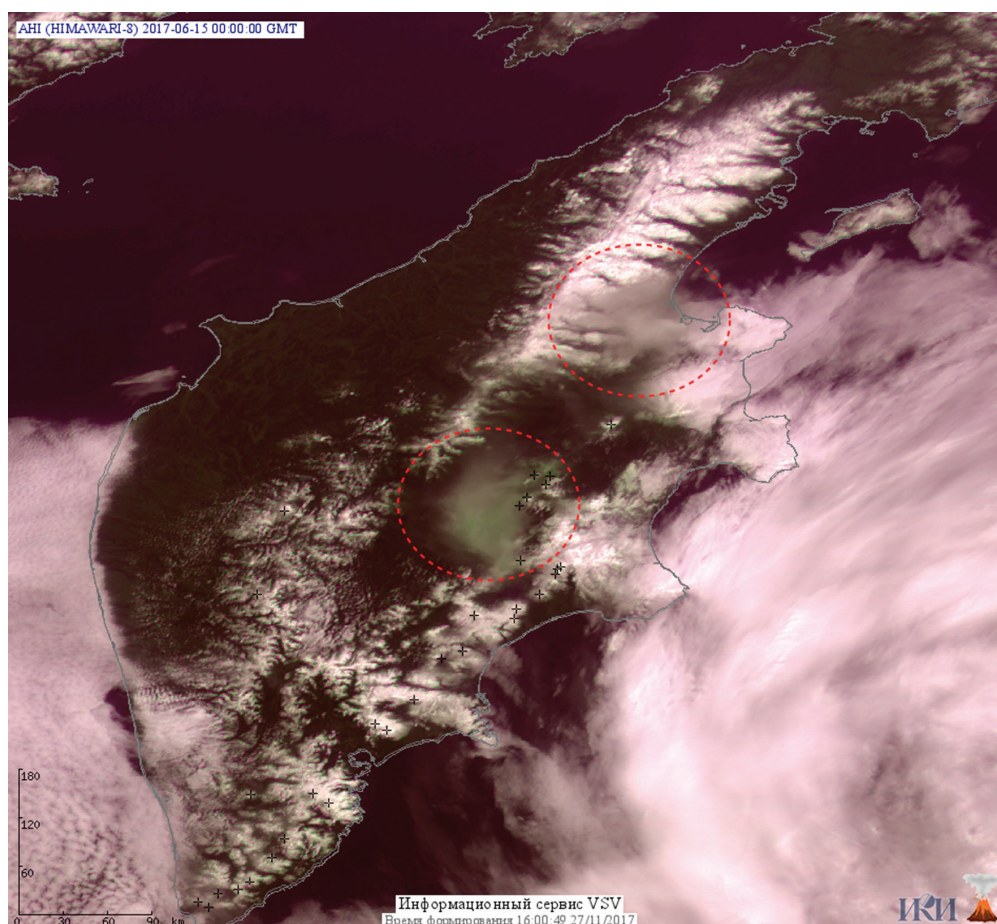


Рис. 1. Пример наблюдения извержений вулканов Северной группы Камчатки 15 июня 2017 г. в 00:00 GMT. Цветосинтез данных спутника Himawari-8 (R — канал 2, 510 нм; G — канал 2, 620 нм; B — канал 1, 470 нм). Красными кругами отмечены районы, в которых в этот момент наблюдаются пепловые облака: от вулкана Шивелуч (на севере) и от обоих вулканов Ключевской и Шивелуч (в центре)

Данные спутника Himawari-8 в ИС VolSatView

Первый геостационарный метеорологический спутник из серии Himawari (5 каналов) был запущен Японским метеорологическим агентством (Japan Meteorological Agency — JMA) 14 июля 1977 г. Спутники нового поколения Himawari-8 и Himawari-9 введены в эксплуатацию 7 июля 2015 г. и в марте 2017 г. соответственно (JMA: http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/satellite/materials/Himawari89/himawari89_leaflet/201703_leaflet89.pdf). Предполагается, что спутники будут работать до 2029 г. Основной инструмент спутника Advanced Himawari Imager (AHI) имеет 16 каналов (3 — в видимом, 3 — в ближнем ИК (БИК) и 10 — в тепловом ИК (ТИК) диапазонах) и вдвое увеличенное пространственное разрешение получаемых данных (видимые каналы имеют разрешение 500 м, а ИК-каналы — 1 км в подспутниковой точке). Важной особенностью спутников является то, что они позволяют получать информацию по своей зоне обзора каждые 10 минут (по некоторым районам — каждые 2,5 минуты). Поскольку вся территория, на которой расположены действующие вулканы Камчатки и Курил, попадает в такую зону, спутник Himawari-8 предоставляет фактически уникальные возможности для их оперативного мониторинга.

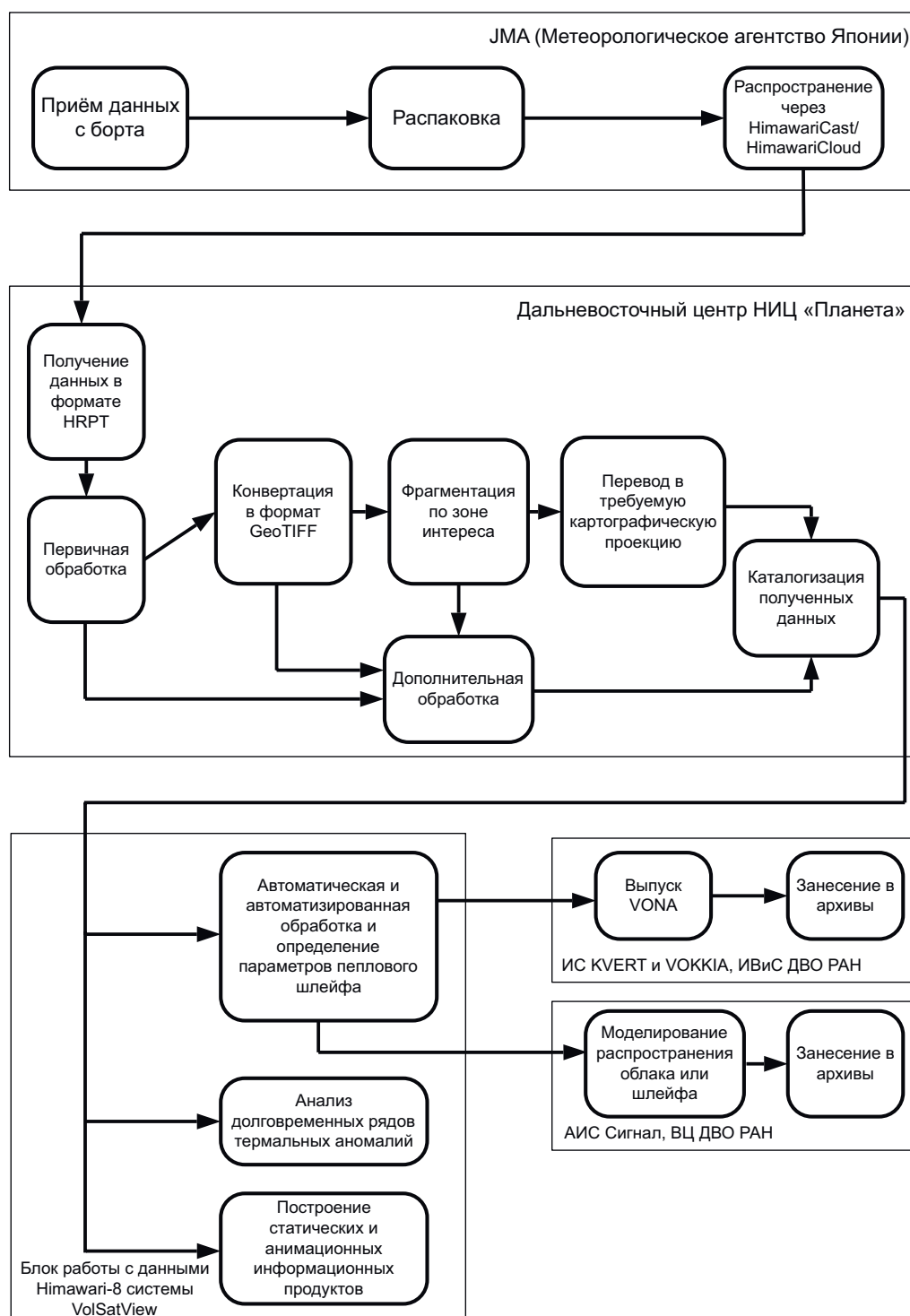


Рис. 2. Схема организации оперативного получения, обработки и применения для решения задач мониторинга и исследования вулканов Камчатки и Курил информации со спутника Himawari-8

Полный поток данных, получаемых со спутника Himawari-8, распространяется уполномоченными организациями национальных метеорологических агентств в рамках соглашений Всемирной метеорологической организации. В России это выполняет ДЦ «НИЦ «Планета» (<http://www.dvrcpod.ru/>), через который были организованы получение и обработка данных со спутника Himawari-8 и их интеграция в ИС VolSatView для обеспечения оперативного мониторинга вулканов Камчатки и Курил. Схема организации получения, обработки и использования данных Himawari-8 в VolSatView представлена на рис 2. Основной особенностью реали-

зованной схемы является обеспечение получения постоянного потока данных (до 144 наблюдений в сутки) с задержкой не более 30 минут от времени съемки, произведенной спутником.

Высокая эффективность получения и обработки данных Himawari-8 достигается в первую очередь тем, что в ИС VolSatView создается только базовый набор поканальных данных, на основе которого формируются «виртуальные» информационные продукты на момент конкретного запроса пользователя системы. Это дает возможность на порядки сократить необходимые для обработки данных мощности, а также объемы хранимой информации. Такая схема работы с данными реализована на основе технологий, разработанных в ИКИ РАН и подробно описанных в работах (Кашницкий и др., 2015а, 2016; Прошин и др., 2016).

Как и для любой информации, получаемой с других метеорологических спутниковых систем, для анализа данных Himawari-8 можно использовать различные инструменты, реализованные в VolSatView, например, такие:

- визуализация различных информационных продуктов;
- визуальный подбор порога для выделения пепловых шлейфов;
- инструменты для определения параметров пепловых облаков и шлейфов (высоты, протяженности, направления (азимут) перемещения, площади при оконтуривании);
- классификация;
- совместный анализ спутниковых данных с результатами моделирования распространения пепловых шлейфов (Сорокин и др., 2016; Gordeev et al., 2016).

Инструменты, созданные в VolSatView, позволяют проводить достаточно сложный анализ спутниковых данных. Например, на *рис. 3* показан результат интерактивного оконтуривания пеплового облака с последующим уточнением его границ с помощью процедур классификации, подробно описанной в работе (Кашницкий и др., 2015б).

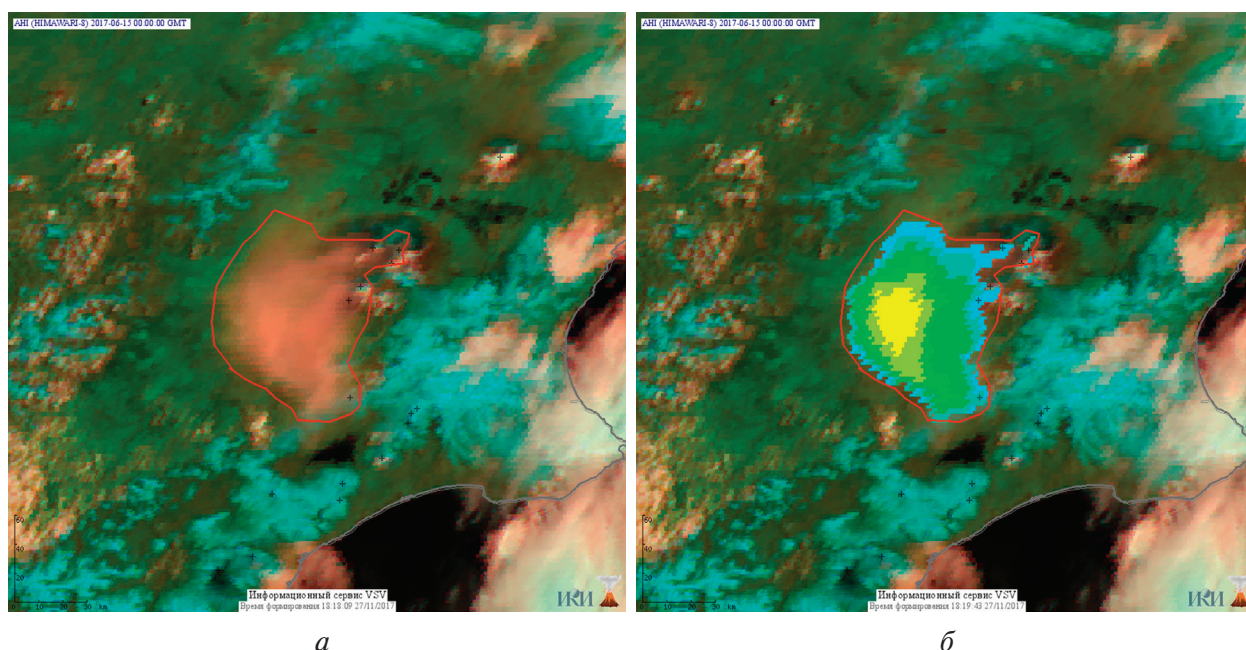


Рис. 3. а) Пример определения зоны распространения пеплового облака, образовавшегося при одновременных извержениях вулканов Ключевской и Шивелуч 15 июня 2017 г. в 00:00 GMT; б) результат уточнения границ этого облака с использованием классификации по данным каналов 3, 9, 11, 2 и 12, 4 мкм в ИС VolSatView

Кроме этого, для работы с данными Himawari-8 реализованы специальные инструменты, учитывающие их основную специфику (получение фактически непрерывных рядов наблюдений) и обеспечивающие возможность:

- построения анимированных изображений, наглядно иллюстрирующих динамику извержений (Гирина и др., 2017а);
- анализа временных рядов наблюдений различных параметров вулканов в фиксированных точках (пикселах изображений) или на выделенных полигонах.

Наличие таких возможностей в VolSatView позволяет достаточно эффективно применять данные Himawari-8 для решения задач оперативного мониторинга и изучения вулканической активности.

Возможности мониторинга вулканов Камчатки с помощью данных со спутника Himawari-8

При выполнении спутникового мониторинга активных вулканов Камчатки, особенно при отсутствии визуальных данных в связи с низкой облачностью в регионе, важно оперативно обнаружить пепловое облако или шлейф, определить его высоту и источник (конкретный вулкан), а также начало его эксплозивной деятельности.

Наглядную демонстрацию реализованных возможностей использования данных Himawari-8 в VolSatView представим по информации, полученной при анализе извержений Северной группы вулканов Камчатки в 2017 г.

Эта группа является наиболее активной на Камчатке — из 16 вулканов, ее составляющих, пять — действующих, три из них (Шивелуч, Ключевской, Безымянный) часто извергаются одновременно. Например, на фоне интенсивной циклонической активности 14–18 июля 2017 г. при непрерывном извержении влк. Ключевской произошло шесть сильных эксплозивных событий влк. Шивелуч и сильное извержение влк. Безымянный (Гирина и др., 2017а). Детальный анализ данных Himawari-8 в VolSatView и построенной на их основе анимации всего периода эруптивных событий (<http://kamchatka.volcanoes.smlslab.ru/animation/sample.gif>) позволил не только проследить перемещения пепловых облаков и шлейфов от вулканов и измерить их параметры (ширину, протяженность, азимут распространения, площадь), но и восстановить с точностью до 10 и менее минут начало и динамику развития всех эксплозивных событий (Гирина и др., 2017а). Например, площадь пеплового облака, поднявшегося над влк. Безымянный на 12 км н.у.м., с 05:00 до 21:00 GMT 16 июля 2017 г. увеличилась со 103 до 65 065 км² (рис. 4).

Высокая частота получаемых данных Himawari-8 и инструменты, обеспечивающие их сопоставление с результатами численного моделирования распространения пеплового облака или шлейфа во время извержения вулкана, позволили не только подтвердить достаточно высокое качество моделирования (Сорокин и др., 2016; Gordeev et al., 2016), но и провести уточнение параметров модели для повышения точности прогнозирования распространения пеплового облака или шлейфа (рис. 5).

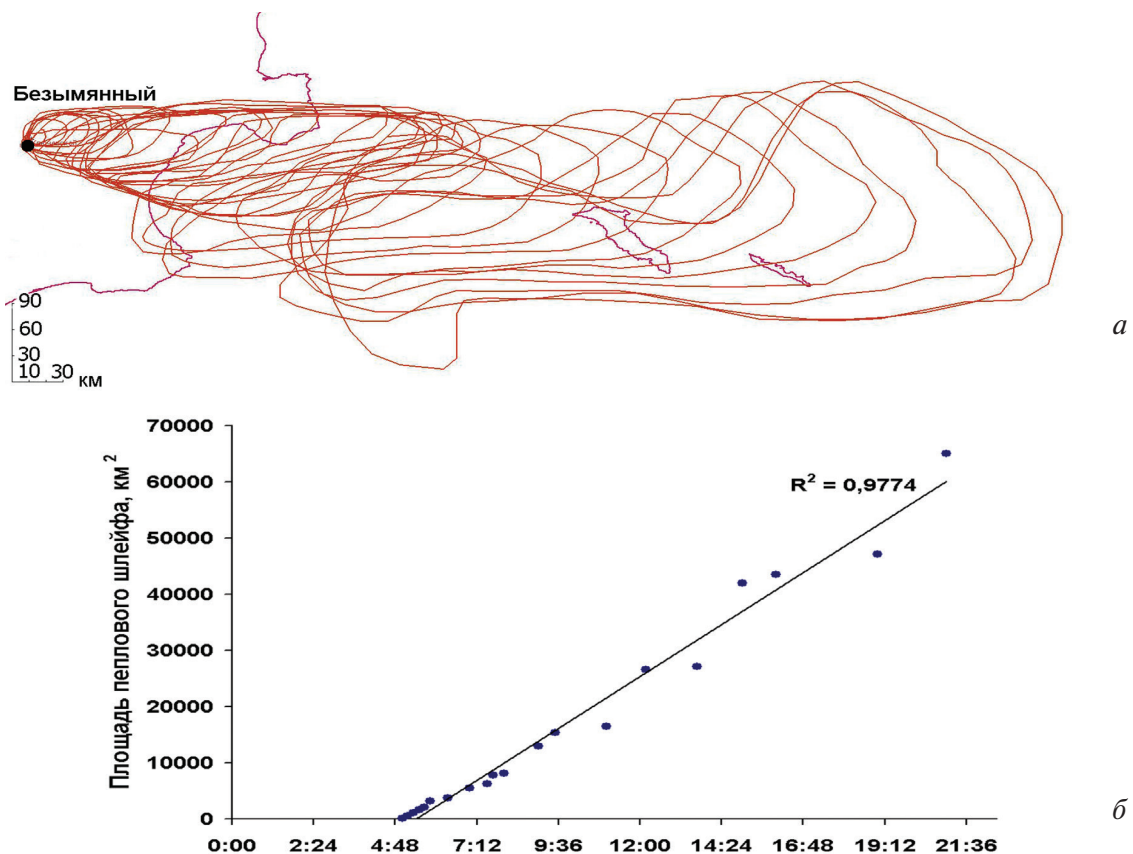


Рис. 4. Изменение а) конфигурации и б) площади пеплового облака влк. Безымянный 16 июня 2017 г. с 04:53 до 21:20 GMT по спутниковым данным Himawari-8

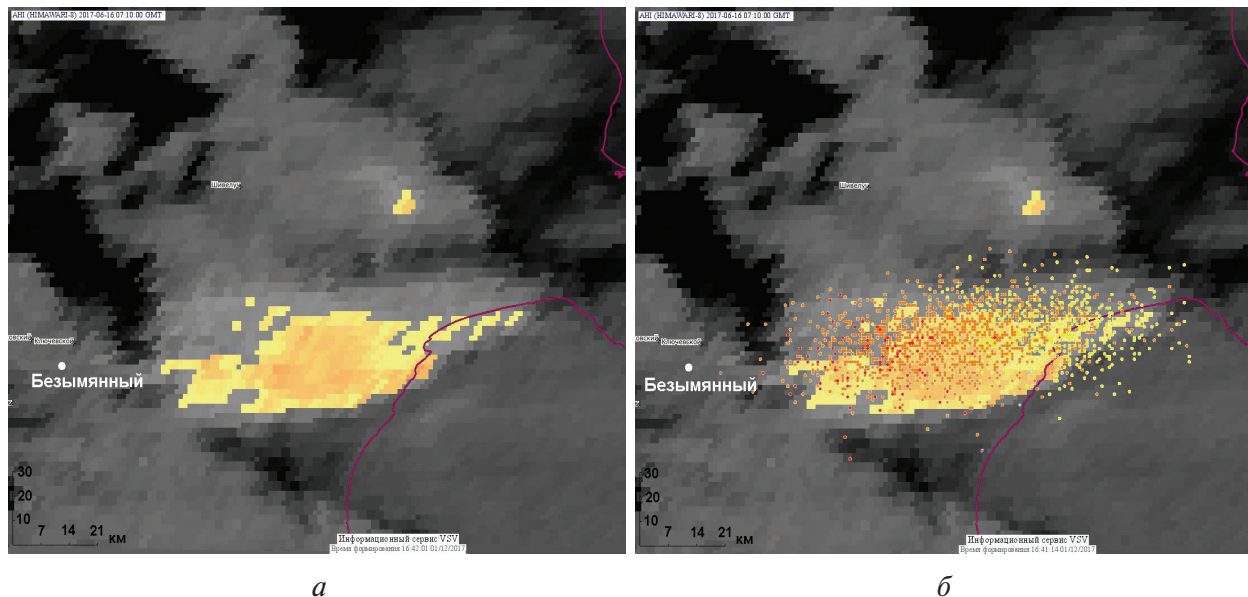


Рис. 5. Извержение влк. Безымянный 16 июня 2017 г. по спутниковым данным Himawari-8: а) пепловое облако от вулкана; б) совместное представление пеплового облака и результата его моделирования

В VolSatView доступны инструменты для анализа временных серий данных по Himawari-8. На трех наиболее активных вулканах Камчатки (Шивелуч, Ключевской, Безымянный) в районах их термальных аномалий выделены точки постоянных наблюдений, в которых в автоматическом режиме непрерывным потоком фиксируется яркостная температура (ЯТ) ($^{\circ}\text{K}$), значения которой поступают в базу данных. Пример хода ЯТ, полученного

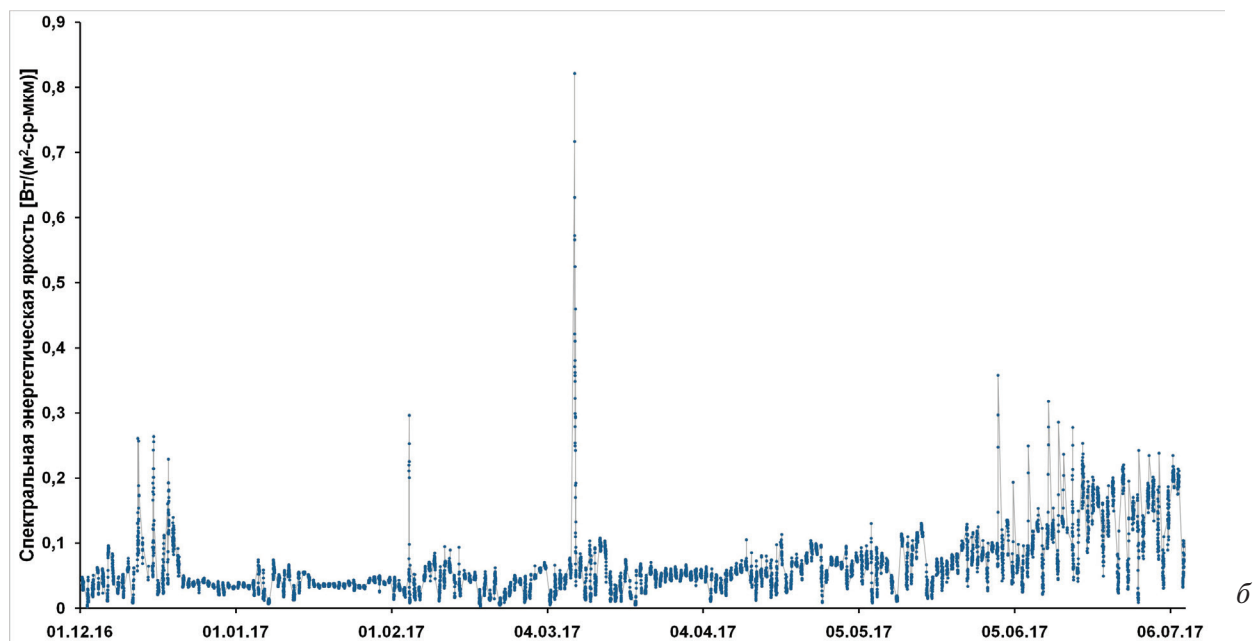
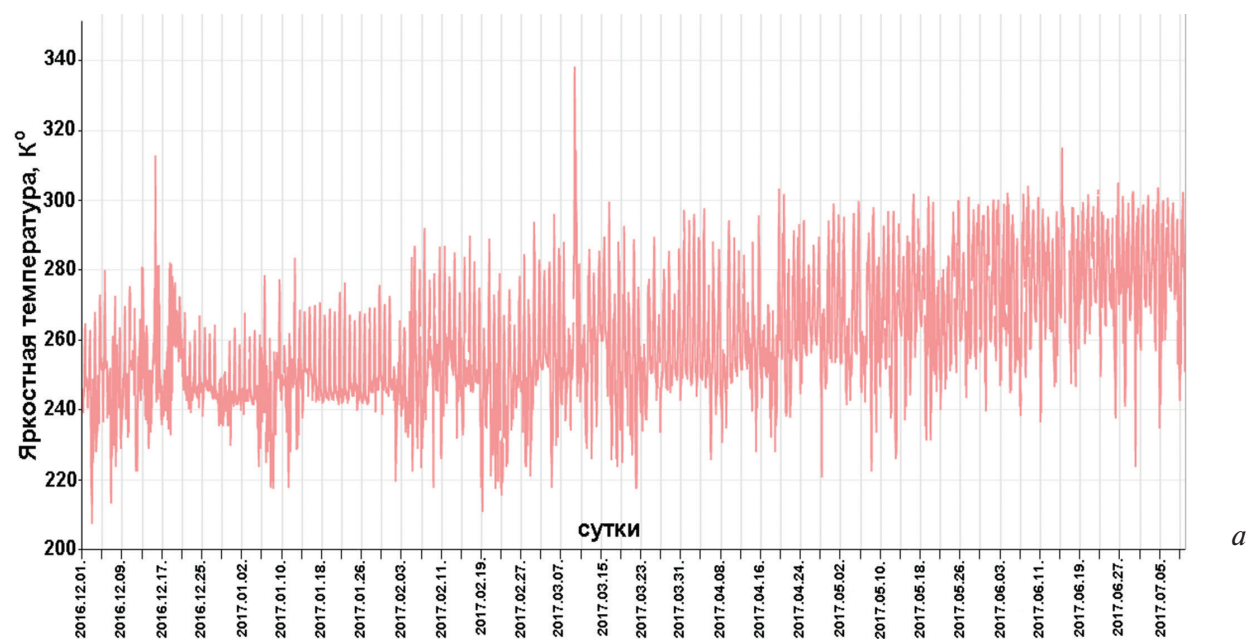


Рис. 6. Изменение характеристик термальной аномалии в районе влк. Безымянный в течение извержения 2016–2017 гг. по данным Himawari-8 (7 канал, 3,9 мкм): а) яркостной температуры; б) спектральной энергетической яркости

по наблюдениям в районе вершины влк. Безымянный за период с 1 декабря 2016 г. по 1 июля 2017 г. во время его экструзивно-эксплозивно-эффузивного извержения, приведен на рис. 6а. На графике выделяются три явных пика значений ЯТ, соответствующих эксплозивным событиям 12 декабря 2016 г., 9 марта и 16 июня 2017 г. (Гирина и др., 2017а, 2017б), и общее повышение температуры аномалии в течение рассматриваемого периода времени (рис. 6а). В то же время опыт выполненных работ показывает, что для детализации динамики вулканогенного процесса больше подходят значения спектральной энергетической яркости (СЭЯ) получаемых измерений. Временной ряд значений СЭЯ аномалии, составленный по результа-

там анализа только ночных снимков Himawari-8 (количество точек — 10 950), позволяет выделить дополнительные события, то есть детализировать процесс извержения (рис. 6б). Кроме трех выделенных по ЯТ пиков, проявились пики значений СЭЯ, вероятно, относящиеся к началу выжиманий новых лавовых потоков 5–13 февраля (Гирина и др., 2017б) и в конце мая — начале июня 2017 г. Следует отметить, что максимальное значение СЭЯ, соответствующее эксплозивному извержению 9 марта (пять крупных эксплозий пепла до 7–8 км н.у.м.) в 2,5 раза выше значения СЭЯ, относящегося к эксплозивному извержению 16 июня с выносом пепла до 12 км н.у.м. (Гирина и др., 2017а). Возможно, в течение растянутой во времени серии умеренной силы эксплозий раскаленный лавовый материал был в точке измерений непрерывно, тогда как при одиночном мощном эксплозивном событии — относительно короткое время. Возможно также влияние облачности на величины СЭЯ — 9 марта была ясная погода в районе вулкана, 16 июня он был закрыт плотной облачностью. Анализ динамики произошедшего извержения влк. Безымянный будет продолжен. Полагаем, что создаваемая база данных временных серий величин ЯТ и СЭЯ термальных аномалий вулканов Камчатки позволит в дальнейшем детализировать динамику развития вулканов и предсказывать их будущие эксплозивные извержения.

Заключение

Применение данных, поступающих со спутника Himawari-8, и инструментов для работы с ними, реализованных в VolSatView для мониторинга действующих вулканов Камчатки позволяет:

- значительно повысить оперативность обнаружения эксплозивных событий, происходящих в регионе;
- определять начало эруптивных событий с точностью до 10 и менее минут;
- детально отслеживать и прогнозировать изменения динамики активности вулканов, в том числе близкое начало сильных эксплозивных событий.

Следует отметить, что организация работы со значительными объемами данных, поступающих со спутника Himawari-8, была бы невозможна без использования распределенных вычислительных ресурсов Дальневосточного центра НИЦ «Планета», ЦКП «ИКИ-Мониторинг» (ИКИ РАН) и «Центра данных ДВО РАН» (ВЦ ДВО РАН), в которых используются технологии хранения и обработки спутниковой информации, созданные, в том числе, и при поддержке гранта РФФИ №15-29-07953.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 16-17-00042).

Литература

1. Гирина О.А., Лупян Е.А., Мельников Д.В., Маневич А.Г., Кашицкий А.В., Бриль А.А., Сорокин А.А. (2017а) Извержения Северной группы вулканов Камчатки 14–18 июня 2017 года // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 3. С. 317–323. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-3-317-323.

2. *Гирина О.А., Мельников Д.В., Демянчук Ю.В., Маневич А.Г.* (2017б) Извержение вулкана Безымянный в 2016–2017 гг. по данным KVERT // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы XX региональной научной конференции, посвященной Дню вулканолога, 30–31 марта 2017 г. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2017. С. 14–17.
3. *Ефремов В.Ю., Гирина О.А., Крамарева Л.С., Лупян Е.А., Маневич А.Г., Матвеев А.М., Мельников Д.В., Прошин А.А., Сорокин А.А., Флитман Е.В.* Создание информационного сервиса «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 5. С. 155–170.
4. *Кашицкий А.В., Балашов И.В., Лупян Е.А., Толпин В.А., Уваров И.А.* (2015а) Создание инструментов для удаленной обработки спутниковых данных в современных информационных системах // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 1. С. 156–170.
5. *Кашицкий А.В., Лупян Е.А., Балашов И.В., Константинова А.М.* Технология создания инструментов обработки и анализа данных сверхбольших распределенных спутниковых архивов // Оптика атмосферы и океана. 2016. Т. 29. № 9. С. 772–777. DOI: 10.15372/AOO20160908.
6. *Кашицкий А.В., Лупян Е.А., Барталев С.А., Барталев С.С., Балашов И.В., Ефремов В.Ю., Стыцenco Ф.В.* (2015б) Оптимизация интерактивных процедур картографирования гарей в информационных системах дистанционного мониторинга природных пожаров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 4. С. 7–16.
7. *Лупян Е.А., Балашов И.В., Бурцев М.А., Ефремов В.Ю., Кашицкий А.В., Кобец Д.А., Крашенинникова Ю.С., Мазуров А.А., Назиров Р.Р., Прошин А.А., Сычуглов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А., Флитман Е.В.* (2015а) Создание технологий построения информационных систем дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 53–75.
8. *Лупян Е.А., Милехин О.Е., Антонов В.Н., Крамарева Л.С., Бурцев М.А., Балашов И.В., Толпин В.А., Соловьев В.И.* Система работы с объединёнными информационными ресурсами, получаемыми на основе спутниковых данных в центрах НИЦ «Планета» // Метеорология и гидрология. 2014. № 12. С. 89–97.
9. *Лупян Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А., Балашов И.В., Барталев С.А., Ефремов В.Ю., Кашицкий А.В., Мазуров А.А., Матвеев А.М., Суднева О.А., Сычуглов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А.* (2015б) Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 263–284.
10. *Прошин А.А., Лупян Е.А., Балашов И.В., Кашицкий А.В., Бурцев М.А.* Создание унифицированной системы ведения архивов спутниковых данных, предназначенной для построения современных систем дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 3. С. 9–27. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-3-9-27.
11. *Романова И.М., Гирина О.А.* Инфраструктура пространственных данных для информационного обеспечения вулканологических исследований // Информационные технологии и высокопроизводительные вычисления. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, 11–14 сентября 2017 г. Хабаровск: ТГУ, 2017. С. 163–166.
12. *Романова И.М., Гирина О.А., Максимов А.П., Мелекесцев И.В.* Создание комплексной информационной веб-системы «Вулканы Курило-Камчатской островной дуги» (VOKKIA) // Информатика и системы управления. 2012. № 3. Выпуск 33. С. 179–187.
13. *Сорокин А.А., Королев С.П., Гирина О.А., Балашов И.В., Ефремов В.Ю., Романова И.М., Мальковский С.И.* Интегрированная программная платформа для комплексного анализа распространения пепловых шлейфов при эксплозивных извержениях вулканов Камчатки // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 4. С. 9–19. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-4-9-19.
14. *Толпин В.А., Балашов И.В., Ефремов В.Ю., Лупян Е.А., Прошин А.А., Уваров И.А., Флитман Е.В.* Создание интерфейсов для работы с данными современных систем дистанционного мониторинга (система GEOSMIS) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 3. С. 93–108.
15. *Bessho K., Date K., Hayashi M., Ikeda A., Imai T., Inoue H., Okuyama A.* An introduction to Himawari-8/9 — Japan's new-generation geostationary meteorological satellites // Journal of the Meteorological Society of Japan. 2016. Ser. II. Vol. 94(2). P. 151–183.
16. *Gordeev E.I., Girina O.A.* Volcanoes and their hazard to aviation // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2014. Vol. 84. No. 1. P. 1–8. DOI: 10.1134/S1019331614010079.
17. *Gordeev E.I., Girina O.A., Loupian E.A., Sorokin A.A., Kramareva L.S., Efremov V.Yu., Kashnitskiy A.V., Uvarov I.A., Burtsev M.A., Romanova I.M., Mel'nikov D.V., Manevich A.G., Korolev S.P., Verkhoturov A.L.* The VolSatView information system for Monitoring the Volcanic Activity in Kamchatka and on the Kuril Islands // Journal of Volcanology and Seismology. 2016. Vol. 10. No. 6. P. 382–394. DOI: 10.1134/S074204631606004X.
18. *Neal Ch., Girina O., Senyukov S., Rybin A., Osiensky J., Izbekov P., Ferguson G.* Russian eruption warning systems for aviation // Natural Hazards. Springer Netherlands. 2009. Vol. 51. No. 2. P. 245–262.

The use of Himawari satellite data for monitoring Kamchatka volcanoes

O.A. Girina¹, L.S. Kramareva², E.A. Loupian³, D.V. Melnikov¹, A.G. Manevich¹,
A.A. Sorokin⁴, I.A. Uvarov³, A.V. Kashnitskiy³, M.A. Bourtsev³, V.V. Marchenkov³, A.A. Bril³,
A.A. Mazurov³, I.M. Romanova¹, S.I. Malkovsky⁴

¹ *Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia*
e-mail: girina@kscnet.ru

² *Far Eastern Center of Planeta Research Center for Space Hydrometeorology*
Khabarovsk, Russia

³ *Space Research Institute RAS, Moscow, Russia*

⁴ *Computing Center of Far Eastern Branch RAS, Khabarovsk, Russia*

The volcanoes of Kamchatka are the most active in the world. Annually, from 3 to 7 volcanoes produce eruptions, during which the explosions eject ash to 10–15 km above sea level, and ash clouds spread thousands of kilometers from volcanoes. Strenuous volcanic activity could cause ash falls in towns and settlements, destruction of forests and communications. Ash clouds and plumes pose a serious threat to the present-day jet aviation. Since 1993, the Kamchatka Volcanic Eruption Response Team (KVERT) has conducted daily monitoring of Kamchatka volcanoes to mitigate volcanic hazards to airline operations and population. Since 2014, satellite monitoring of volcanoes is carried out by KVERT scientists using the VolSatView information system that since 2016 has utilized data from Himawari-8 geostationary satellite. The system has created special tools that allow us to work with promptly received data, as well as analyze series of long-term observations. Using data from Himawari-8, as well as the tools implemented in VolSatView to work with them, enables to: significantly raise the efficient response to detection of explosive events in the region; identify the onset of eruptive events with an accuracy of 10 minutes or less; track and forecast all changes in the dynamics of volcanic activity, including the near onset of strong explosive events. The paper describes the technology features for integrating Himawari-8 data into VolSatView and the main possibilities of working with them, implemented now in the system.

Keywords: volcano, eruption, Kamchatka, monitoring, Himawari, VolSatView

Accepted: 13.12.2017

DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-7-65-76

References

1. Girina O.A., Loupian E.A., Melnikov D.V., Manevich A.G., Kashnitskiy A.V., Bril A.A., Sorokin A.A. (2017a) Izverzheniya Severnoi gruppy vulkanov Kamchatki 14–18 iyunya 2017 goda (Eruptions of Kamchatka Northern volcanic group on 14–18 June, 2017), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2017, Vol. 14, No. 3, pp. 317–323. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-3-317-323.
2. Girina O.A., Melnikov D.V., Demyanchuk Yu.V., Manevich A.G. (2017b) Izverzhenie vulkana Bezymyanniy v 2016–2017 gg. po dannym KVERT (2016–2017 Bezymyanniy volcano eruption according to KVERT data), *Proc. XX Conf. Vulkanizm i svyazannyye s nim protsessy* (Volcanism and associated processes), 30–31 March 2017, Petropavlovsk-Kamchatskii: IVIS DVO RAN, 2017, pp. 14–17.
3. Efremov V.Yu., Girina O.A., Kramareva L.S., Loupian E.A., Manevich A.G., Matveev A.M., Melnikov D.V., Proshin A.A., Sorokin A.A., Flitman E.V., Sozdanie informatsionnogo servisa “Distantsionnyi monitoring aktivnosti vulkanov Kamchatki i Kuril” (Creating an information service “Remote monitoring of active volcanoes of Kamchatka and the Kuril Islands”), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 5, pp. 155–170.
4. Kashnitskiy A.V., Balashov I.V., Loupian E.A., Tolpin V.A., Uvarov I.A., Sozdanie instrumentov dlya udalennoi obrabotki sputnikovyykh dannykh v sovremennykh informatsionnykh sistemakh (Development of software tools for satellite data remote processing in contemporary information systems), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 1, pp. 156–170.
5. Kashnitskiy A.V., Loupian E.A., Bartalev S.A., Bartalev S.S., Balashov I.V., Efremov V.Yu., Stytsenko F.V., Optimizatsiya interaktivnykh protsedur kartografirovaniya garei v informatsionnykh sistemakh distantsionnogo monitoringa prirodnykh pozharov (Optimization of burn mapping interactive procedures in remote fire monitoring information systems), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 4, pp. 7–16.
6. Kashnitskiy A.V., Loupian E.A., Balashov I.V., Konstantinova A.M., Tekhnologiya sozdaniya instrumentov obrabotki i analiza dannykh sverkhbol’shikh raspredelennykh sputnikovyykh arkhivov (The technology of creating tools for processing and analyzing data from extremely large distributed satellite archives), *Optika atmosfery i okeana*, 2016, Vol. 29, No. 9, pp. 772–777. DOI: 10.15372/AOO20160908
7. Loupian E.A., Balashov I.V., Burtsev M.A., Efremov V.Yu., Kashnitskiy A.V., Kobets D.A., Krashenninnikova Yu.S., Mazurov A.A., Nazirov R.R., Proshin A.A., Sychugov I.G., Tolpin V.A., Uvarov I.A., Flitman E.V., Sozdanie

- tekhnologii postroeniya informatsionnykh sistem dstantsionnogo monitoringa (Development of information systems design technologies), *Sovremennye problemy dstantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 5, pp. 53–75.
8. Loupian E.A., Milekhin O.E., Antonov V.N., Kramareva L.S., Burtsev M.A., Balashov I.V., Tolpin V.A., Solov'ev V.I., Sistema raboty s ob'edinennymi informatsionnymi resursami, poluchaemymi na osnove sputnikovyykh dannykh v tsentrakh NITs "Planeta" (System of operation of joint information resources based on satellite data in the Planeta Research Centers for Space Hydrometeorology), *Meteorologiya i gidrologiya*, 2014, No. 12, pp. 89–97.
 9. Loupian E.A., Proshin A.A., Burcev M.A., Balashov I.V., Bartalev S.A., Efremov V.Yu., Kashnitskiy A.V., Mazurov A.A., Matveev A.M., Sudneva O.A., Sychugov I.G., Tolpin V.A., Uvarov I.A., Centr kollektivnogo pol'zovaniya sistemami arhivatsii, obrabotki i analiza sputnikovyykh dannykh IKI RAN dlya resheniya zadach izucheniya i monitoringa okruzhayushhej sredy (IKI center for collective use of satellite data archiving, processing and analysis systems aimed at solving the problems of environmental study and monitoring), *Sovremennye problemy dstantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 5, pp. 263–284.
 10. Proshin A.A., Loupian E.A., Balashov I.V., Kashnitskiy A.V., Burtsev M.A., Sozdanie unifikirovannoi sistemy vedeniya arkhivov sputnikovyykh dannykh, prednaznachennoi dlya postroeniya sovremennykh sistem dstantsionnogo monitoringa (Unified satellite data archive management platform for remote monitoring systems development), *Sovremennye problemy dstantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2016, Vol. 13, No. 3, pp. 9–27. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-3-9-27.
 11. Romanova I.M., Girina O.A. Infrastruktura prostranstvennykh dannykh dlya informatsionnogo obespecheniya vulkanologicheskikh issledovaniy (The spatial data infrastructure for information support of volcanological investigations), *Proc. IV Conf. Informatsionnye tekhnologii i vysokoproizvoditel'nye vychisleniya* (Information technology and high-performance computing), 11–14 September 2017, Khabarovsk: TGU, 2017, pp. 163–166.
 12. Romanova I.M., Girina O.A., Maksimov A.P., Melekestsev I.V., Sozdanie kompleksnoy informatsionnoy web-sistemy "Vulkany Kurilo-Kamchatskoy ostrovnoy dugi (VOKKIA)" (Creation of complex information web system "Volcanoes of the Kurile-Kamchatka Island Arc" (VOKKIA)), *Informatika i sistemy upravleniya*, 2012, Vol. 33, No. 3, pp. 179–187.
 13. Sorokin A.A., Korolev S.P., Girina O.A., Balashov I.V., Efremov V.Yu., Romanova I.M., Mal'kovskiy S.I., Integrirovannaya programmaya platforma dlya kompleksnogo analiza rasprostraneniya peplovykh shleifov pri eksplozivnykh izverzheniyakh vulkanov Kamchatki (The integrated software platform for a comprehensive analysis of ash plume propagation from explosive eruptions of Kamchatka volcanoes), *Sovremennye problemy dstantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2016, Vol. 13, No. 4, pp. 9–19. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-4-9-19.
 14. Tolpin V.A., Balashov I.V., Efremov V.Yu., Loupian E.A., Proshin A.A., Uvarov I.A., Flitman E.V., Sozdanie interfeisov dlya raboty s dannymi sovremennykh sistem dstantsionnogo monitoringa (sistema GEOSMIS) (The GEOSMIS system: Developing interfaces to operate data in modern remote monitoring systems), *Sovremennye problemy dstantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 3, pp. 93–108.
 15. Bessho K., Date K., Hayashi M., Ikeda A., Imai T., Inoue H., Okuyama A., An introduction to Himawari-8/9 — Japan's new-generation geostationary meteorological satellites. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 2016, Ser. II, Vol. 94(2), pp. 151–183.
 16. Gordeev E.I., Girina O.A., Volcanoes and their hazard to aviation, *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 2014, Vol. 84, No. 1, pp. 1–8. DOI: 10.1134/S1019331614010079.
 17. Gordeev E.I., Girina O.A., Loupian E.A., Sorokin A.A., Kramareva L.S., Efremov V.Yu., Kashnitskiy A.V., Uvarov I.A., Burtsev M.A., Romanova I.M., Mel'nikov D.V., Manevich A.G., Korolev S.P., Verkhoturov A.L., The VolSatView information system for Monitoring the Volcanic Activity in Kamchatka and on the Kuril Islands, *Journal of Volcanology and Seismology*, 2016, Vol. 10, No. 6, pp. 382–394. DOI: 10.1134/S074204631606004X.
 18. Neal Ch., Girina O., Senyukov S., Rybin A., Osiensky J., Izbekov P., Ferguson G., Russian eruption warning systems for aviation, *Natural Hazards*, Springer Netherlands, 2009, Vol. 51, No. 2, pp. 245–262.